

鑄造応力に及ぼす鑄型抵抗の影響

養田 実・武部 克嗣

Influence of Mold Resistance on the Casting Stress

Minoru YOHDA・Katsushi TAKEBE

概 要

鑄物の鑄造応力の原因として、鑄型の影響は、みのがすことのできない大きな因子である。鑄型の冷却能、そして高温の溶湯が注入された時、熱影響をうける鑄型の、高温での抗圧力、膨張率、可縮性などが変わり、それによって、応力もことなってくると思われるからである。本実験では、鑄型の高温抗圧力、熱膨張、変形能など高温での性質が、応力にどのような影響を与えるかについて研究した。得られた結果は、次のとおりである。

- (1) 高温抗圧力が大きいものは、膨張率が小さくても、鑄物の収縮応力増加を妨げるため、鑄物の自由な収縮に大きな影響を与える。
- (2) 高温抗圧力が大きく、膨張率の大きいものでも変形能が大きければ、あまり収縮応力に影響を与えない。
- (3) 鑄型の変形能と、粘結剤は、高温での鑄型内の水分の挙動に大きな影響をうける。
- (4) 鑄型の鑄物に接する部分の一部を、極端に異なった材料にすると、鑄物の変形をおこす。

Synopsis

Influence of mold is one of the various important factors as the reason of the casting stress. For, the cooling ability, the strength, the expansion rate, and the deformation capacity of mold in high temperature which have thermal influence when the melt in high temperature is poured into the mold, differ one another. Therefore the stress also differs. In this experiment,

we studied the effects of the properties in high temperature (i.e. the strength in high temperature, thermal expansion, deformation capacity) on the casting stress.

The results obtained are as follows ;

- (1) Even if the expansion rate is low, in case the high temperature strength is high, the free shrinkage of casting is much influenced, because the high-temperature strength prevents contraction stress from increasing.
- (2) Even if the high-temperature strength and the expansion rate are high, in case the deformation capacity is high, the contraction stress of casting is little influenced.
- (3) The deformation capacity of mold and the bond material in mold are much influenced by moisture in mold at high temperature.
- (4) In the case of using extremely different mold material at a part which contacts with casting the deformation of casting occurs.

1. 序 論

鑄物の応力の原因として、鑄型の影響は、みのがすことのできない大きな因子である。鑄型の冷却能、これは鑄物に温度差を与え、残留応力の要因となる。又、鑄型内に、高温の溶湯が注入された場合、鑄型壁は、当然高温にさらされ、熱影響をうけるわけで、鑄物の凝固冷却時の収縮力と、高温での鑄型の抗圧力との関係、また溶湯の熱で加熱された型砂の膨張との関係、鑄型の可縮性、いわゆる変形能など、そ

の他高温における鑄型の性質の違いにより応力もことなってくると思われるからである。今まで、残留強度の研究、あるいは、高温強度の研究は、多々行われているが、いずれも型ばらしとの関係、あるいは、変形能と兼ね合わせて、すくわれなど鑄物の表面欠陥に関してのものである。そこで、本実験では、この鑄型の高温抗圧力、熱膨張、変形能など高温での性質が、応力にどのような影響を与えるものかを、鑄物の収縮ひずみとの関係から検討してみた。

2. 実験方法並びに供試材

本実験に用いた試料はAl-Cu合金の6%Cu、12%Cu、17%Cu、22%Cu、27%Cu、33%Cuの六種類である。装置は図-1のように、内径150mm、外径180mm、肉厚22mmの円形リングを鑄込み、その中心部に、

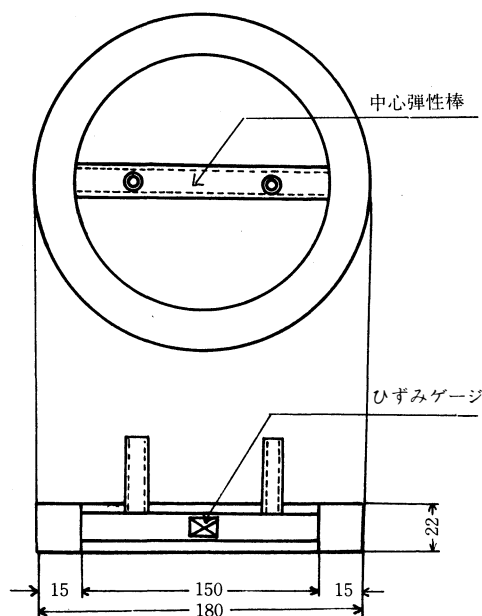


図-1 装置

図のように、ひずみゲージを貼りつけた弾性棒を、鑄ぐるむように装入して、そのひずみ変化を動ひずみ計でよみ、記録計で記録した。ひずみゲージは4ゲージ法を用いた。

中心弾性棒並びにゲージへの熱影響をさけるため、中心棒には軟鋼パイプを用い、その中に測定中、水を流しておき冷却した。温度測定には、CA熱電対を用いた。使用した鑄型は、セメント型、CO₂ガス型、そして生砂型の三種類である。セメント型には、普

通ポルトランドセメントと、三河五号珪砂、川砂を用い、水9%、セメント13%を添加した。CO₂ガス型は、三河五号珪砂に、三号珪酸ソーダを6%添加した。生砂型は、普通実験室で使っている山砂で含有水分は10%であった。溶解は、すべて黒鉛るつぼの6番を用い、シリコニット炉で行い、鑄込み温度は750°Cに統一した。高温抗圧力、膨張等は、試片を急熱状態で測定し³⁾、その結果を、他の研究資料の傾向と比較検討して用いた。

3. 実験結果と考察

実験結果の、温度-ひずみ曲線を見ると、図-2から図-7のようになる。図-2はAl-6%Cu、図-3はAl-12%Cu、図-4はAl-17%Cu、図-5はAl-22%Cu、図-6はAl-27%Cu、図-7はAl-33%Cuである。これらの図からわかるように、生砂型は、共晶温度付近で発生したひずみが、接線勾配の小さいものから、徐々に勾配の大きいものとなっていく、いわゆる下ふくらみのグラフとしてあらわれ、

350°C位から、急激なひずみ増加がみられる。初期の、共晶温度から350°C付近までの、接線勾配の小さい、下ふくらみな曲線の部分は、ひずみゲージを貼りつけた中心弾性棒にかかる応力の値も、その増加も小さいことをあらわす。

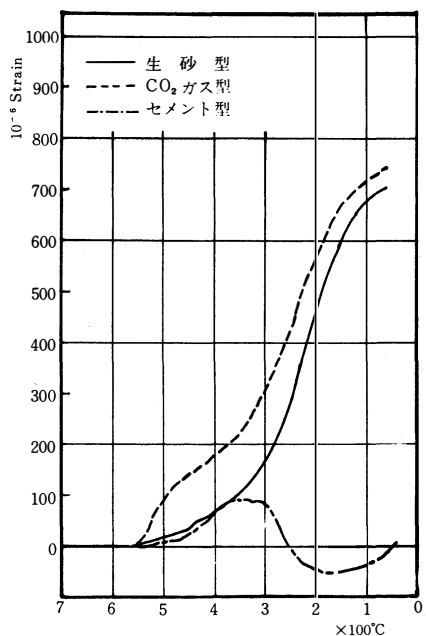


図-2 Al-6%Cuの収縮ひずみ曲線

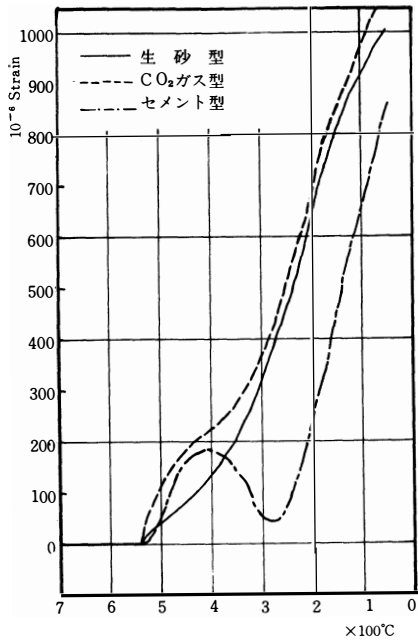


図-3 Al-12%Cuの収縮ひずみ曲線

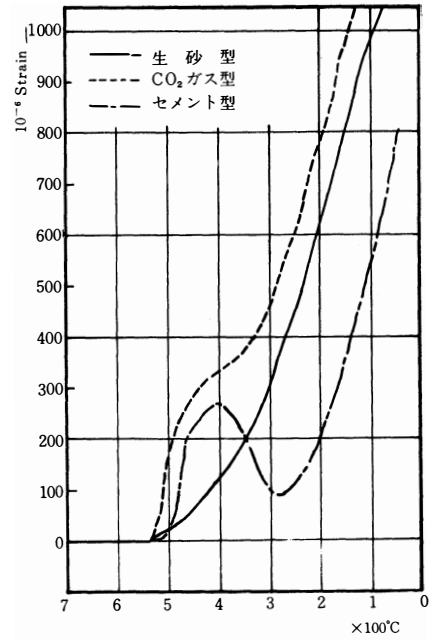


図-5 Al-22%Cuの収縮ひずみ曲線

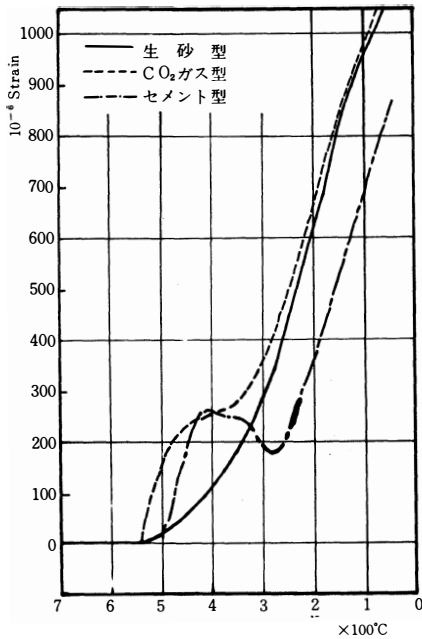


図-4 Al-17%Cuの収縮ひずみ曲線

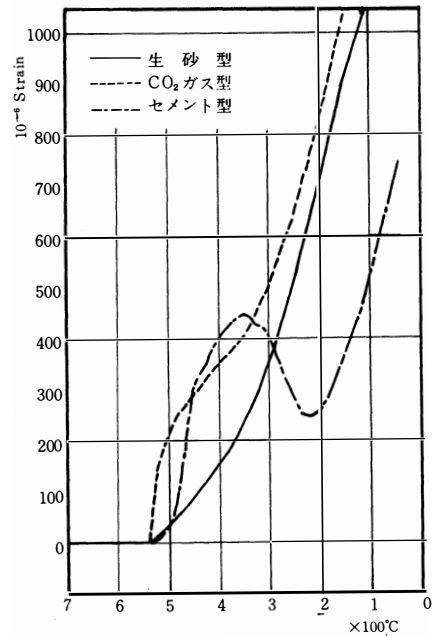


図-6 Al-27%Cuの収縮ひずみ曲線

鑄造応力に及ぼす鑄型抵抗の影響

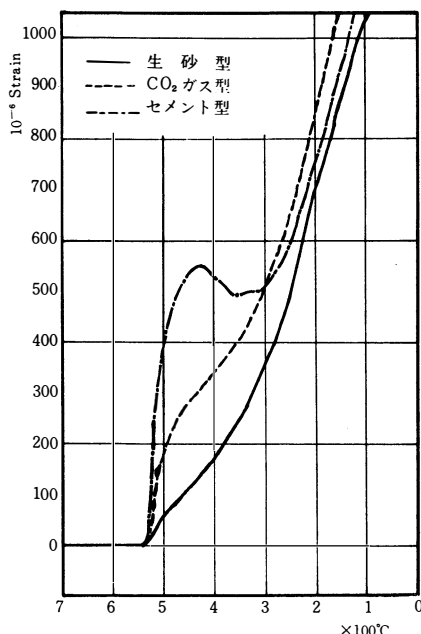


図-7 Al-33%Cuの収縮ひずみ曲線

CO₂ガス型は、450°C前後までは、やや急激なひずみの増加、グラフでの上昇がみられるが、450°C位から350°C位まで、ひずみ増加率の小さい、カーブとしては、生砂型の初期と似た形となり、その後、350°C位からは再び急激な増加を示し、最初と同じ位の増加率でふえていく。

一方、セメント型であるが、これは、上型をCO₂ガス型に、下型をセメント型にしたものである。この型は、400°C位まで上昇したひずみ曲線が、400°C少し下に変曲点をもち、その後、ひずみの減少がみられる。その減少も200°C位までで、そのあたりに極小点があり、その後、再び上昇する。

以上が、生砂型、CO₂ガス型、セメント型の収縮ひずみ—温度曲線であるが、各鑄型によってこのように、大きな差があるのは、高温での鑄型の性質、鑄物と鑄型の抗圧力の関係等が、異なるからである。

まず生砂型であるが、グラフ上でひずみ発生温度から、初期の部分にゆるいカーブで増加をみせるのは、鑄物、鑄型の中子、中心弾性棒の三者の関係において、図-8(a)のように、応力測定用弾性中心棒に比して、中子の抗圧力が小さく、変形能が大きいため、鑄物の自由な収縮を阻害するのは、中心棒だけであり、中心棒と直角の方向の鑄物の収縮に対する生砂

型中子の抵抗が、無視できるほど小さく、極端にいうと鑄物が楕円形になり、そのために、中心棒にかかる応力が小さくなるものと思われる。その後は、鑄物の収縮につれて、応力の増加が急となる。

次に、セメント型とCO₂ガス型であるが、生砂型に比べて両者とも抗圧力が大きいので、図-8(b)のような三者の関係となる。そこでグラフとの関係であるが

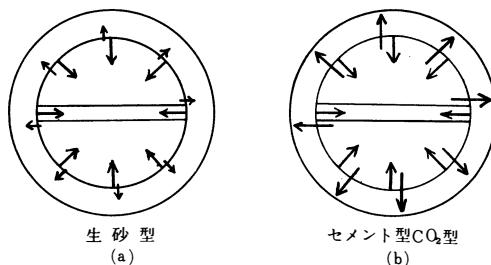


図-8 鑄物の収縮と鑄型膨張の関係

図-9 の高温での抗圧力—温度曲線グラフからみると、高温での抗圧力は、セメント型とCO₂ガス型では、500

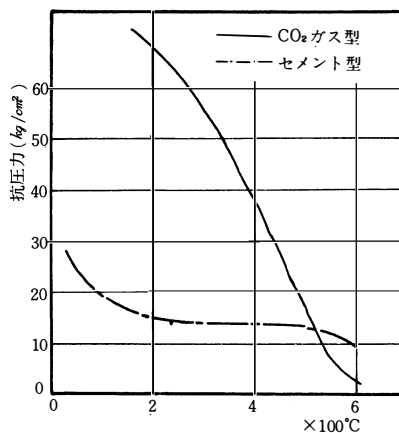


図-9 高温抗圧力曲線

°C以上でセメント型の方が大きく、CO₂ガス型は、それに比べてかなり小さくなる。この高温抗圧力は、500°C以下では、セメント型とCO₂ガス型とは逆転し、CO₂ガス型の方が、急激に大きな値となる。ここで収縮ひずみ曲線との関係であるが、最初急激なひずみ増加をみせたセメント型は、400°C前後から低下をみせる。このひずみ減少は、CO₂ガス型にも、生砂型にもない現象で、セメント型だけにあらわれる。これは 図-10の膨張率

一温度曲線をみると、セメント型の膨張率は小さいが、高い抗圧力のを、鑄物の収縮力で一層押し

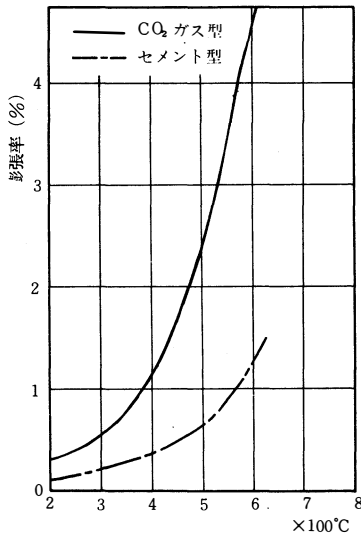


図-10 膨張率—温度曲線

ちぢめることとなり、たとえ膨張率が小さくても、それは押しちぢめられる前の値であり、鑄物の収縮力が働いた後では、膨張の効果も大きく、鑄型の中子自体の、収縮に対する外へ広がろうとする力と、膨張とが組み合わさり、収縮した鑄物を押し広げるような状態となり、大きな効果としてあらわれるわけで、これが、急激な収縮量の減少としてグラフにあらわれると思われる。一方、CO₂ガス型は、図-9でみたように、500°C以下では、セメント型に比べて抗圧力はかなり大きく、図-10⁽¹⁾⁽⁴⁾でみるように、膨張率もセメント型に比べてかなり大きい。抗圧力も膨張率も大きいということは、セメント型の収縮ひずみ曲線の考察のように考えると、セメント型以上の急激な、そして大きな値の低下、ひずみの減少を示すはずであるが、実際には、グラフをみてみると、増加率の小さいゆるやかな傾きとなる部分が、450°Cから 350°Cにみられるが、下降、つまりひずみの減少は示さない。これは、セメント型とCO₂ガス型に、高温抗圧力、膨張率以外の高温での性質、状態の違いがあるためである。その一つは変形能である。図-11⁵⁾は変形量—温度曲線であるが、セメント型は、温度の変化によって大きな変形量は示さないが、CO₂ガス型は、セメント型より大きな値を示すうえに、高温では変形量の急激な増加を示す。変形能が大きいということは、可縮性が

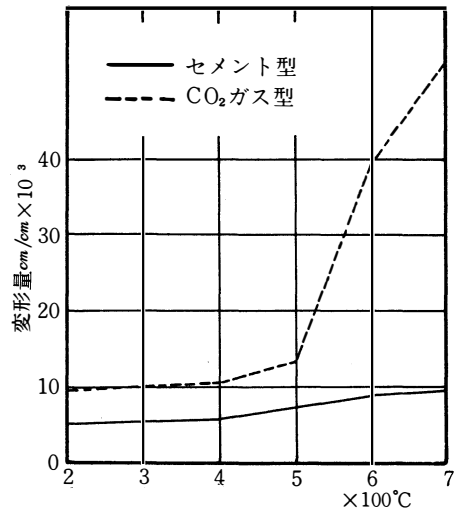


図-11 各温度における変形量

大きいということであり、大きい抗圧力と大きい膨張率をもっていても、可縮性が大きいため、鑄物の収縮に対してクッションの役割を果たすものと思われる。次に、鑄型内、特に本実験の場合は中子であるが、この水分の挙動も原因の一つと考えられる。これは図-12で示されるようになる⁽⁶⁾。鑄型に高温の溶湯が接した場合の、鑄型内の状況を図示したも

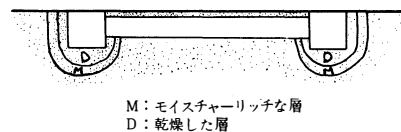


図-12 鑄型内の状況

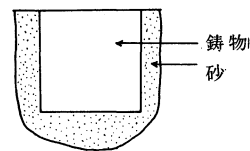


図-13 型ばらし時の鑄物の様子

のである。すなわち、溶湯が入った場合、鑄物表面に乾燥したシェルDを形成し、その下に、シェルを形成した時に追い出された水分が凝結した、いわゆるモイश्チャーリッチな層Mを生ずる。この層の水分は、造型時の配合水分より多い層である⁽⁶⁾。この層が問題であり、CO₂ガス型の場合、この層が結合力の弱い、クッションに富んだ層となり、中子の膨張に対する緩衝帯となる。一方、セメント型は、CO₂ガス型に

鑄造応力に及ぼす鑄型抵抗の影響

比べると結合力は、そんなに弱くならないため、中子の膨張を吸収することなく、その結果として、グラフ上にこのような違いができると思われる。M層が結合力の弱いものであることは、図-13の型ばらし時の鑄物の様子のように、CO₂ガス型から鑄物を取りだした時、鑄物の周囲に砂の層がついてとれ、その砂の周囲は、水でベトベトになっていることからわかる。セメント型から鑄物を取り出す時は、容易には抜けなく、抜けた時も、セメントは付着していない。また、CO₂ガス型とセメント型のこのような違いを示すものとして、上型をCO₂ガス型にしたものと、上型をセメント型にしたものとを鑄込み、その収縮ひずみ-温度曲線をとってみた。勿論両者とも、下型はセメントである。図-14から図-17までが、その結果であり、図-14はAl-6%Cu、図-15はAl-12%Cu、図-16はAl-17%Cu、図-17はAl-22%Cuである。

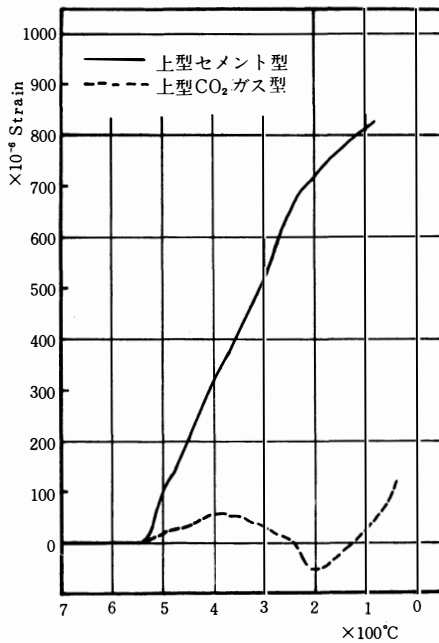


図-14 Al-6%Cuの収縮ひずみ曲線

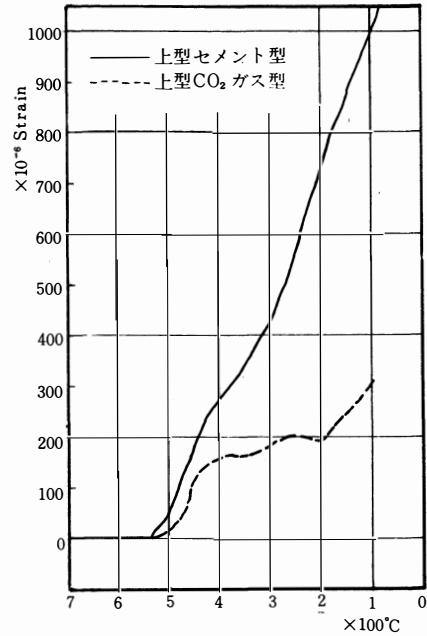


図-15 Al-12%Cuの収縮ひずみ曲線

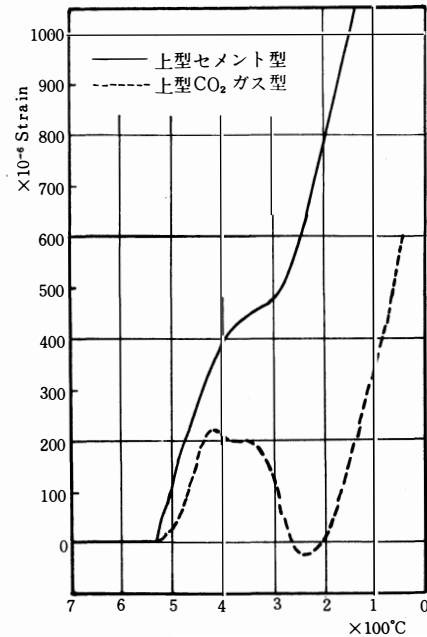


図-16 Al-17%Cuの収縮ひずみ曲線

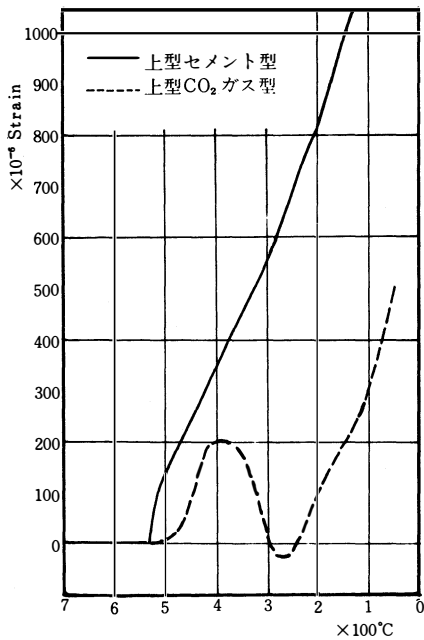


図-17 Al-22%Cuの収縮ひずみ曲線

これら4つの図は、全て同じような傾向を示している。つまり、上下ともセメントのものは、急激に、そして一直線にグラフが上昇しているのに対して、上型がCO₂ガス型のものは、図-2から図-7の時述べたように、400°C少し下に変曲点があり、その後ひずみの減少を示し、200°C位から再び増加する。この両者の違いというのは、上型をセメントにした場合、鑄物の周囲は全て同じ状況となり、膨張率も、抗圧力も、変形能も同一となるため、鑄物は中心に向かって収縮するのみで、中子の膨張に対して鑄物に変形して、収縮量を減ずることができない。ところが、上型をCO₂ガス型にすると、CO₂ガス型の変形能が大きく、又、水分凝集層の影響もあって、中子からと、鑄物の外側からの鑄型膨張による圧縮、鑄物の下からの鑄型の膨張で、鑄物が、上部の変形能の大きいCO₂ガス型の方へ逃げるように変形する。そのためひずみの減少がみられるものと思われる。これは、この両者を鑄込み、冷却後、型ばらしを行うと、図-18(a)のように、上型がCO₂ガス型のものは、鑄物が上型に少しくいこんでいること、しかし、(b)のように上型がセメント型のものは、全くそのような様子がみられないことからわかる。

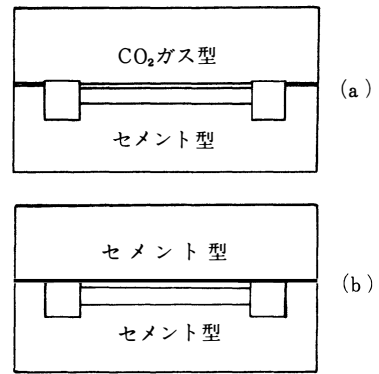


図-18 鑄型内での鑄物と型の状況

両者のグラフの違いが、先程のように、セメント型は下降することなく上昇を続けるのに対して、上型がCO₂ガス型のものは、中子の膨張に対して、鑄物の収縮力が抗することなく、上部へ逃げるので、収縮量としては、カーブが下降、つまり収縮が妨害され、逆に押し広げられるような形になると思われる。これは、鑄物の自由な収縮を大きく阻害するため、あきらかに健全な鑄物をつくるという点からは、害を及ぼすと思われる。また、変形能の大小を示すものとして、図-18の、圧縮試験片の破壊状況からもわかる。つまり、セメント型は、変形能が小さいため

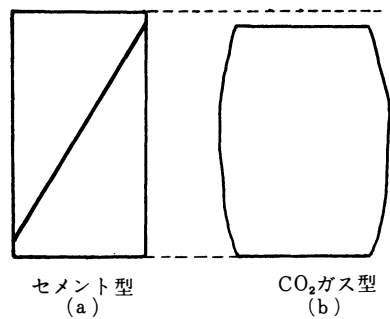


図-19 圧縮試験片の破壊状態

破壊するまで試験片は変形しない。そして、図-19(a)のように、破壊はけさがけに切ったような形でおこなわれるが、CO₂ガス型は、変形能が大きいため、破壊に至るまでに、どんどん変形し、図-19(b)のように、ビールダルのようなふくれた形となっていき、破壊する。このことから、セメント型とCO₂ガス型との変

形能の差はわかる。

以上が、実験結果並びに考察であるが、鑄型の高温抗圧力、変形能、膨張率と、鑄物の収縮応力とは、大きな関係がある。

4. 結 言

(1) 一般に、高温抗圧力の大きいものは、膨張率が小さくても、鑄物の自由な収縮を阻害するため、応力的には芳しくない。だから、セメントのように、膨張量が小さいものでも、高温での抗圧力が大きく、変形能の小さいものは中子として使用するには、害があり芳しくない。

(2) 高温抗圧力が大きく、膨張率の大きいものでも変形能が大きければ、あまり収縮応力に大きな影響を与えない。

(3) 高温での、鑄型内の水分の挙動が、変形能に影響を与える。ということは、高温において、鑄型内の粘結剤に及ぼす水分の影響が大きい。

(4) 鑄物の収縮力より大きい抵抗力の材質のものと、それより小さい抵抗力の材質のものを同時に鑄型に用いると、小さい抵抗力の方に鑄物の変形をおこし、精度が低下するので避けるべきである。

(5) セメント型のように、抗圧力が大きくて、膨張率が小さく、変形能の小さいものでも、緩衝剤を入れることによって変形能を増せば、悪影響もかなり取り除けると思われる。

(日本鑄物協会第84回講演大会に於いて)
(昭和48年10月16日に講演したもの)

参考文献

- 1) 金森：鑄物36(1964) 4 . 239
- 2) 若尾、佐藤、二木：鑄物36(1964) 4 . 237
- 3) 浜田、大橋、中林、井口、岡林：鑄物41(1969) 2 . 77
- 4) 二木、太田、小出：第5回鑄物砂担当研究者連絡会議資料：1963—12
- 5) 浜田、大橋、中林、井口、岡林：鑄物41(1969) 5 . 393
- 6) 日刊工業新聞、普通鑄型 96 鑄型の高温性質

受付 昭和48年11月10日